

覆工内部探査装置の実トンネルへの導入効果について

西日本旅客鉄道株式会社 正会員 井上英司
西日本旅客鉄道株式会社 正会員 槇 健

1. はじめに

非破壊検査による覆工内部のひび割れやジャンカ等の有無は検査者の打音により推定で判定されているが、その判定については必ずしも定量的ではない。また、変状の深さや広がり把握するためには、コアボーリングを実施しているが、多くの手間やコストがかかり、結果的に構造物を傷めることになる。そこで、昨年、非破壊検査装置（以下覆工内部探査装置¹⁾）を当社で開発し、実トンネルの異音箇所についての測定を行った。そこで今回は、覆工内部探査装置の導入効果について測定結果を基に検証する。

2. 覆工内部探査装置の概要

トンネル覆工内部探査装置は、探査子と本体機からなり、トンネル覆工表面に探査子を押し当てて、可聴領域の音波（音響弾性波）を挿入して、その振動の大きさより、変状の有無と変状の深さを非破壊により推定する装置である。コンクリート表面と探査子との接触は、探査子内の空気を抜いて吸着させる機構となっている。

探査装置の測定原理は、覆工内部に変状が存在する部位に、外部より一定の力で加振力が与えられると、変状の状況に応じてたわみ振動が発生する。構造物からのたわみ応答の大きさや応答振動の大きさ、減衰時定数に着目することでひび割れやジャンカの発見が可能である。変状深さの精度的な適用限界は、覆工表面から概ね20cmである。（表1）

表1 覆工内部探査装置の判定機能

機能	原理	内容
変状有無判定	一定外力で加振した場合、内部に変状があれば応答振動が大きくなる	有・無
変状深さ判定	一定外力で加振した場合の応答振動の大きさは、変状面が近いほど大きくなる	20cmまで
変状種別識別	変状が検出された箇所の減衰時定数を計測する	クラック・ジャンカ

3. 実トンネルにおける測定概要

平成11年度に実施したトンネル安全総点検の結果より、アーチ部の施工目地付近に内部変状が多いとの知見を得ている。そこで、測定については、施工目地前後1m付近にある外観検査や打音検査では異音の原因が推定できない77箇所を抽出し、測定を実施した。

測定風景を図1に示す。測定方法は、まず、測定位置を決めるため、現地またはトンネル展開図に記録されている異音箇所について覆工表面に縦横20cmのマスをチョークで記入する。次に探査子を、マスごとに覆工表面に吸着させる。1測点あたりの測定時間は変状あり箇所では30秒、健全箇所は10秒ほどで、変状有無・深さ・種別の判定を行う。変状箇所の周囲が健全判定箇所ですべて囲まれることによって、変状範囲の特定が可能となる。判定結果は検査者が確認できるように探査子に表示され、全ての判定結果が本体機側のパソコンに転送される。変状の深さや分布の状況については、マス目に深さと変状種別を記入し、撮影することで簡単に結果を把握することができる。



図1 測定風景

キーワード 非破壊検査、音響弾性波

連絡先 〒802-0002 北九州市小倉北区京町4-7 西日本旅客鉄道株式会社 福岡支社 福岡工務所

4．測定結果を踏まえた導入効果

異音箇所のうち、健全である部分と変状がある部分の位置を特定することができるとともに、変状がある部分の面的な広がりについても把握することができた。また、覆工表面から鋭角に深さが分布しているか、平行に分布しているか、についても明確になった。（図2）さらに、ジャンカやクラックといった変状種別を特定でき、補修対策を選定する資料を得ることができた（図3）。

漏水箇所又は漏水跡の測定でも、漏水の有無に関わらず、測定が可能であることが確認できた。このことは、ハンマーを用いた打音検査によると、漏水箇所では音質が変化するため音を捉えにくいものに対して、本装置の漏水箇所における測定の有効性を示している。



図2 変状深さ判定例



図3 変状種別判定例

5．今後の改良及び適用方法

今回の測定を通じて、探査子が覆工表面に十分に吸着できないため、判定不能箇所が存在した。これは、測定トンネルでは豆板や析出物が多く、コンクリート表面の状態が悪いため、探査子の密着が妨げられたと考えられる。そこで、今後、多少の凹凸にも対応できるように探査子と覆工表面との緩衝材の改良を行うこととし、判定可能箇所の適用拡大を図っていくことにする。

覆工内部探査装置による測定結果の適用の考え方について、測定結果のパターンごとに、「問題なし」、「要注意」、「要対策」の3つに分類した（表2）。表層部に変状があり、覆工表面に対して鋭角に分布している箇所については、計画的に補修することとした。表より、今後も引き続き打音検査を実施する箇所は、77箇所のうち22箇所となり、打音検査対象数が大幅に減少することとなった。

表2 測定結果における分類

測定結果のパターン	箇所数	測定前判定	測定後判定
全測点が「健全」と判定された箇所	40		問題なし ¹⁾
判定不能箇所（吸着不可）があるものの、測定可能箇所はすべて健全と判定された箇所	15	要注意 ²⁾	問題なし ¹⁾
変状がある箇所	22		
表層部に変状があり、覆工表面に対して鋭角に分布している	0		要対策 ³⁾
表層部以外にあり、概ね表面に対して平行に分布している	22	要注意	要注意

1)問題なし：展開図等に記録を残すものの、打音検査を実施する必要のないもの

2)要注意：変状の進行性の確認の為に引き続き打音検査を実施するもの

3)要対策：計画的に補修するもの

6．おわりに

覆工内部探査装置を導入したことで、外観検査や打音検査では推定困難な異音箇所の変状の広がり・変状の深さ・種別を把握することができた。また、1年間を通して実測定に使用したことで、測定結果の適用の考え方を再整理することができ、一部不具合なところも抽出し、適用範囲拡大のための改良点を見つけることができた。今後も、引き続きトンネル覆工コンクリートへの適用を進め、剥落防止対策に努めていきたい。

参考文献

1)松井ら：トンネル覆工内部探査装置の開発、土木学会 第56回年次学術講演会概要集 p.806-807,2001.10